

水利工程深基坑施工安全风险识别与防控体系构建

徐翔¹ 马锐³ 傅轶² 纪开芳¹

1. 淮安市淮阴区水利工程建设管理服务中心 江苏 淮安 223300
2. 淮安达润水利工程有限公司 江苏 淮安 223300
3. 淮安市淮阴区河湖管理所 江苏 淮安 223300

摘要：水利工程深基坑施工环境复杂、作业风险偏高，各类安全隐患易在施工过程中持续累积并诱发突发险情。施工环节涵盖土体变形、渗水涌水、支护失稳及现场作业等多种风险形态，各类问题滋生与人员操作、施工工艺、场地环境、现场管理存在密切关联。本文系统梳理各类安全风险的产生特征与深层诱因，搭建模块化安全防控框架，配套落地性较强的全过程实施路径，完善排查预警、作业管控、人员培育、应急处置相关举措。相关内容可以有效规范深基坑施工管理秩序，提升水利基坑施工整体安全稳定水平。

关键词：水利工程；深基坑；施工风险；风险识别；安全防控

引言：深基坑是水利工程建设中的关键施工内容，施工质量与安全状态直接影响主体工程建设品质与现场施工秩序。基坑作业临水特性突出，水文地质条件复杂多变，开挖扰动、水土压力作用及露天作业环境，都会不断增加现场施工风险。各类隐蔽隐患具备动态演化特点，管控不到位极易引发坍塌、渗水、结构破损等安全事故。完善风险识别机制、搭建系统化防控体系，能够有效规避施工安全隐患，为水利深基坑施工安全管控提供可靠支撑。

1 水利工程深基坑施工安全风险类型

1.1 基坑土体变形风险

深基坑开挖作业会彻底打破原始土体的应力平衡状态，土层遭受扰动后会出现多种变形问题。基坑侧壁土体失去原有支撑约束，容易发生侧向位移，坡面土体缓慢向外滑动、鼓胀，原始土层结构形态遭到破坏。基坑底部土层摆脱上部土体压力束缚，会出现隆起、回弹等现象，基底平整度彻底失衡。开挖分层厚度把控失衡、开挖节奏杂乱无序，会进一步扩大土体扰动范围，让变形问题持续蔓延扩展^[1]。细微变形问题不断堆积，会诱发坡面开裂、土体坍塌等险情，大幅破坏基坑整体稳定状态。

1.2 基坑渗水涌水风险

水利施工区域地下水储量丰富，土体渗透性能突出，深基坑开挖作业极易穿透隔水层，接触地下含水层。围护结构拼接缝隙、土体天然孔隙会形成贯通渗水通道，地下水持续向内渗透积聚。水压长期冲刷坑壁土体，会不断带走内部细小土颗粒，让渗漏通道孔径逐步扩大，渗漏体量持续增加。基坑内部积水长期滞留，会

软化基底原状土层，大幅削弱土体承载性能。渗漏问题未能及时处置封堵，会逐步演化成管涌、流沙等恶劣险情，彻底打乱正常施工节奏，破坏基坑作业环境。

1.3 支护结构失稳风险

支护结构是深基坑维稳的关键设施，承担挡土、阻水、固坡的重要作用。施工阶段安装精度把控不严、工序落实不够细致，会让支护整体受力分布处于失衡状态。土体侧向压力处于动态变化之中，容易让各类支护构件产生位移、形变、开裂等损伤问题。结构节点拼接、锚固处理不够规范，整体受力体系无法形成有效联动，局部位置受力过载就会出现结构失效。水土压力长期反复作用于支护体系，结构承载性能逐步衰减，严重时甚至会引发整体失稳、大面积坍塌等重大安全问题。

1.4 现场作业安全风险

深基坑属于高危作业场景，竖向落差大、作业空间狭窄，各类施工工序交叉开展，安全隐患遍布作业全程。土方开挖、机械运行、材料转运等作业交互开展，容易引发机械磕碰、高空坠物等事故。坑边防护设施搭设不规范、围挡封闭存在缺口，人员通行、设备停靠过程中存在坠落隐患。施工区域湿度偏高，临时用电布设杂乱、绝缘防护处理不到位，极易触发漏电、电路故障等电气问题。人员作业行为不规范、现场区域管控松散，会持续放大各类安全隐患，提升事故发生概率。

2 水利工程深基坑施工安全风险诱因分析

2.1 人员作业行为隐患

一线作业人员长期依托现场实操经验开展施工，对深基坑高危作业的风险认知较为薄弱。施工过程中随意更改作业方式，简化精细化工序，漠视标准化操作要

求。基坑开挖、支护安装、防水施工等关键环节,常出现粗放作业、细节把控缺失等问题。部分人员未系统学习深基坑专项施工要求,无法精准识别作业过程中的潜在隐患^[2]。习惯性违规操作会持续积累施工瑕疵,逐步演变为土体变形、结构破损、作业事故等安全问题,干扰基坑施工平稳推进。

2.2 现场施工工艺隐患

深基坑施工工艺繁杂,各工序工艺落实精度直接决定基坑整体安全状态。土方开挖未遵循分层、分段、对称的作业原则,开挖节奏无序、开挖厚度超标,大幅加剧土体扰动程度。支护施工工艺落实粗糙,构件安装、节点锚固、缝隙封堵等工序施工精度不足,无法形成完整稳固的防护体系。防渗止水工艺执行不到位,防渗层铺设、接缝处理存在疏漏,无法有效阻隔地下水渗透。工艺标准落地不严、施工细节把控不足,是各类结构隐患、渗水隐患的核心诱因。

2.3 场地环境条件隐患

水利项目施工场地临近河湖水域,地质与水文条件具备较强复杂性。施工区域土层分布不均,土体密实度、承载力存在较大差异,基坑开挖后土体稳定性偏弱。地下水位常年处于高位,地下水活动频繁,持续冲刷、软化基坑周边及基底土体。户外露天作业模式易受气候干扰,降雨会快速抬高地下水位、浸泡作业基面,加剧土体松散程度。场地原生环境的不稳定性,会持续冲击基坑施工稳定性,被动催生各类安全风险。

2.4 现场管理环节隐患

施工现场安全管理体系落地松散,管控漏洞遍布施工全流程。前期技术交底流于形式,关键工艺、风险要点无法有效传递至一线岗位。日常安全巡查覆盖范围不足,隐蔽区域、边角作业位置的隐患难以被及时排查。隐患整改缺少刚性约束,细小问题长期搁置、反复出现,逐步升级为重大安全险情。工序交接缺少标准化核验流程,前序隐患未彻底处置便开展后续施工,造成隐患层层累积。粗放的管理模式大幅降低现场安全管控效能,无法为深基坑施工筑牢安全屏障。

3 水利工程深基坑施工安全防控体系搭建框架

3.1 全方位风险排查预警模块

风险排查预警是防控体系的前置核心环节,侧重从源头识别隐患、提前预判风险走势。针对深基坑临水、地质复杂的作业特性,开展施工前置全域排查工作,梳理场地土层结构、地下水分布、支护布设等基础工况。细化排查作业分区,重点覆盖基坑边角、支护节点、基底土层、临水围护等高危区域,杜绝排查盲区与死角。

建立常态化巡查机制,根据施工进度调整排查频次,重点监测土体形变、渗水轨迹、结构位移等动态变化^[3]。依托现场监测数据变化规律,建立适配基坑施工的预警标准,对异常工况及时触发预警提示,为隐患处置预留充足处置时间,实现风险前置管控。

3.2 标准化施工管控模块

规范施工工艺与作业流程,能够从施工过程中规避人为、工艺类安全隐患。结合水利深基坑施工技术要求与现场工况,梳理适配土方开挖、支护安装、防渗止水、基坑防护的标准化作业流程。明确各工序施工操作尺度、作业顺序与质量底线,严格落实分层开挖、分层支护、随挖随护的施工原则,减少土体裸露时长与扰动范围。细化支护结构安装、节点锚固、缝隙封堵等关键工序的管控细节,统一现场施工操作标准。严控防渗施工全流程,强化接缝处理、结构密封等薄弱环节管控,阻断地下水渗透通道,通过标准化作业稳住基坑施工整体安全状态。

3.3 现场人员管控培训模块

人员操作不规范是基坑安全隐患的主要人为诱因,常态化培训与行为管控可持续规范现场作业秩序。结合深基坑高危作业属性,定制针对性安全培训内容,普及基坑形变、渗水、结构失稳等隐患的诱发规律与规避方式。摒弃单一理论宣讲模式,结合现场实操场景开展示范教学,讲解规范操作方法与违规作业危害。搭建常态化考核机制,将培训成果、规范作业情况纳入日常管理,约束人员摒弃经验化施工陋习。强化现场作业全过程监督,及时叫停粗放操作、违规作业等行为,逐步提升全员安全作业意识与实操水平。

3.4 动态应急处置管控模块

深基坑施工风险具备突发性特征,完善的应急机制可有效控制险情扩散范围,降低事故影响程度。结合基坑施工常见险情类型,梳理土体坍塌、涌水渗水、结构变形、高空坠落等场景的处置流程。提前储备适配的应急物资与抢险设备,做好日常养护与清点补给,保障险情发生时可快速投入使用。明确各岗位应急处置职责,梳理险情上报、现场封堵、人员撤离、隐患复盘的完整流程。结合施工进度开展常态化应急演练,提升现场人员临场处置能力。险情处置完成后开展专项复盘,梳理问题短板,优化现有防控举措,实现安全管控的动态升级。

4 水利工程深基坑施工安全防控体系实施路径

4.1 细化施工全过程风险排查机制

风险排查是安全管控的前置基础,需要贯穿施工筹

备、开挖作业、结构成型、收尾回填各个阶段。施工筹备阶段,全面摸排场地水文状况、土层分布、周边环境等基础条件,梳理基坑施工潜在风险点位,建立完整隐患台账。开挖作业阶段加大排查频次,重点监测坑壁土体状态、基底变化、渗水点位以及支护结构细微形变,及时捕捉早期风险信号。针对支护节点、基坑转角、临水围护等薄弱区域设置重点排查点位,杜绝盲区隐患遗留。施工后期持续跟踪结构稳定状态,排查长期水土作用带来的结构损伤与土体松动问题^[4]。分级划分排查重点与检查标准,依据施工阶段差异调整排查侧重点,让各类隐蔽、动态的基坑隐患都可以在施工进程中得到有效发现与治理。

4.2 规范深基坑现场施工作业流程

施工工艺不标准、作业流程不规范,是诱发结构变形、渗水涌水等问题的关键源头。结合水利深基坑施工工况,细化各分项工序的实操准则,严格执行分层开挖、分级支护、随挖随护的作业原则。合理控制单次开挖厚度与作业跨度,减少土体裸露时长,降低应力扰动带来的形变隐患。支护施工阶段严格把控构件安装、锚固固定、节点拼接等关键环节,保证结构受力均匀、衔接严密。防渗作业细化基面处理、材料铺设、接缝封堵的操作细节,阻断地下水渗透通道。针对雨季、温差波动较大的特殊施工时段,调整作业节奏与施工方式,规避环境因素对施工质量的干扰,通过全工序、全流程的工艺约束,从作业源头压缩各类安全缺陷与施工隐患的产生空间。

4.3 落实常态化人员安全管控工作

一线人员作业状态直接决定现场安全管控成效,需要建立长效化管理与培育模式改善作业陋习。结合深基坑施工高危特性,开展阶段性安全培育工作,讲解各类险情形成规律、操作禁忌与现场处置方式。依托现场实景开展实操示范,纠正粗放作业、经验作业的不良习惯,强化人员风险认知。建立现场常态化巡查督导机制,对违规作业、简化工序、防护不到位等行为及时叫停整改。配套合理的考核约束方式,将安全作业表现纳入日常管理,调动人员主动遵守施工标准的积极性。持

续夯实岗位安全责任,逐步扭转现场粗放作业的固有习惯,提升整体岗位安全素养与规范作业能力,支撑基坑施工安全管理平稳落地。

4.4 优化施工现场动态防控模式

深基坑施工环境与结构状态始终处于动态变化,静态管控模式难以适配现场复杂工况。需要建立随施工进度实时调整的动态防控模式,根据开挖深度、水文变化、结构状态更新管控重点。险情防控不再局限于问题爆发后处置,依托日常监测数据预判风险走势,提前布设防护、封堵、加固举措。完善现场应急响应机制,细化各类突发险情的处置流程、岗位分工、物资调配方式,缩短险情响应与处置时长。每轮隐患处置、应急演练结束后开展复盘总结,梳理管控薄弱环节,迭代优化防控手段^[5]。

结束语

水利深基坑施工安全风险种类繁多,诱因分布覆盖人员、工艺、环境、管理多个维度,各类隐患相互交织,对现场施工稳定性造成多重干扰。通过系统划分施工安全风险类型,梳理各类风险对应诱发源头,搭建多模块协同的安全防控框架,细化全过程落地实施路径。持续完善现场隐患排查机制、规范施工作业流程、强化人员安全培育、优化动态防控模式,能够有效化解基坑施工各类安全隐患,夯实水利工程施工安全管控基础,保障工程建设平稳有序推进。

参考文献

- [1]李镇旭.水利工程中的深基坑支护施工技术应用与风险防范研究[J].中国水运,2026(13):114-116.
- [2]滕安涛.水利工程深基坑施工风险评估及防控技术探讨[J].模型世界,2025(3):195-197.
- [3]王鹏飞,姚常伟.水利工程施工现场安全风险及防控对策研究[J].建筑经济,2026,47(7):81-87.
- [4]盛斌国,王雅琴.水利工程水上施工风险评估与安全管理路径分析[J].农业灾害研究,2025,15(11):151-153.
- [5]蓝云修,钟宁.基于大数据的交通水运工程施工安全风险动态评估与防控技术[J].中国科技论文在线精品论文,2026,19(1):248-250.